

II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales *Actas*, II (2): 58-65, 2009. La Plata.

## NIVELES DE COMPRENSIÓN ACERCA DEL CONCEPTO DE ACELERACIÓN EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

*DEL R. PAEZ, S.<sup>1</sup>; SPELTINI, C.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Facultad Regional Avellaneda. Universidad Tecnológica Nacional-San Vicente 206 y Ramón Franco, Villa Domínico (1874) Argentina  
soniarpaez@hotmail.com cspeltini@fra.utn.edu.ar

### RESUMEN

Esta investigación tiene por objetivo indagar el grado de comprensión de los conceptos de física en los estudiantes universitarios de primer año que cursan la asignatura física. El estudio es de carácter exploratorio y está centrado y acotado al concepto de aceleración. El mismo se llevó a cabo partir del análisis de dos problemas con los que se pretende estudiar, a través de la representación gráfica y de las expresiones de las ecuaciones dinámicas, el nivel de comprensión que los estudiantes tienen sobre el concepto de aceleración, sus componentes intrínsecas y sus propiedades. Para el análisis de los problemas se generaron categorías acordes a los niveles encontrados, basadas en la bibliografía existente sobre el tema.

**Palabras clave:** nivel de comprensión, física, aceleración, componentes intrínsecas, estudiantes universitarios

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación se llevó a cabo con estudiantes universitarios que cursan la asignatura Física, con el propósito de indagar sobre el nivel de comprensión de los conceptos de cinemática, en particular sobre el concepto de aceleración y sus componentes intrínsecas.

Las situaciones presentadas son parcialmente nuevas, se parte del supuesto que los estudiantes disponen de las competencias necesarias para su solución, debiendo recurrir al razonamiento y la reflexión de algunos conceptos de cinemáticas para su resolución. Para el análisis se ha tenido presente que como comenta Gangoso et al (2008), los estudiantes a menudo empiezan a resolver problemas buceando en expresiones numéricas o algebraicas manipulando ecuaciones tratando de llenar huecos hasta encontrar la respuesta, solo ocasionalmente utilizan su conocimiento conceptual para comprender la situación y menos aún para analizarla. Este procedimiento dificulta la asignación de significado físico a las soluciones halladas.

Investigaciones recientemente realizadas, como la de Llancaqueo, et al (2007), muestran que un importante porcentaje de los estudiantes presenta ausencia de conocimiento en física, al iniciar los estudios de la carrera de ingeniería. Según estos autores, los estudiantes se encuentran en los niveles elementales de comprensión al enfrentar situaciones y lecturas relacionadas con conceptos físicos básicos, ubicándose en los niveles más bajos de comprensión.

## MARCO TEÓRICO

Aprender es comprender, porque para aprender se debe comprender aquello que se quiere aprender. Pero, ¿qué es la comprensión? Perkins (1995) define la comprensión como un desempeño flexible que alcanzamos cuando podemos utilizar lo que sabemos para reflexionar y actuar sobre la realidad y así modificarla.

Por lo tanto, comprender la información significa la construcción de un conocimiento nuevo, como consecuencia de la posibilidad de retener, comprender y usar activamente la información mediante experiencias de aprendizaje.

La comprensión no se debe confundir con una habilidad rutinaria y mecanizada. El estudiante que resuelve hábilmente problemas de física puede no comprender mucho acerca de física, y solo estar bien adiestrado para la aplicación del procedimiento correcto con el fin de arribar a un resultado satisfactorio. Aunque el conocimiento y las habilidades pueden traducirse en información y desempeños de rutina, la comprensión se escapa de estas formas simples, memorizadas y mecanizadas.

La repetición ciega de una técnica puede ser suficiente cuando se utiliza en condiciones estables y preestablecidas, pero repetir una rutina automatizada puede ser insuficiente para aplicarla a una nueva situación (Pozo, 1999).

La comprensión es abierta y gradual e implica un criterio de desempeño flexible. Según Pozo, (1999) los hechos y datos se aprenden de modo literal, mientras que los conceptos se aprenden relacionándolos con los conocimientos previos que se poseen, los conceptos no se saben todo o nada, sino que se pueden entender en diferentes niveles.

Como un principio básico, el aprendizaje es una consecuencia del pensamiento, por lo tanto las actividades de comprensión requieren pensar y se manifiestan a través de actividades más complejas que la simple repetición y la resolución de problemas estandarizados y tipificados. Comprender significa poder describir, analizar, sintetizar, secuenciar, diferenciar, organizar,

diagramar, comparar, relacionar, justificar, explicar actividades que solo pueden llevarse a cabo cuando se sabe de qué se está hablando.

Entender la diferencia que existe entre los conceptos de conocer y comprender permite aproximarse al concepto de comprensión. Perkins (1995) afirma que el “conocimiento es un estado de posesión”, mientras que la comprensión, va más allá de la posesión, implica “competencia”, un estado de poder “operar con el conocimiento”, es decir, es un “estado de capacitación”.

De acuerdo a Perkins (1995), cuando un alumno “comprende un concepto” no sólo tiene información sobre el mismo, sino que es capaz de hacer un “uso activo de ese conocimiento”.

Este autor consigna cuatro niveles de comprensión: contenidos, resolución de problemas, nivel epistémico e investigación.

En el nivel de contenido; las actividades son reproductivas. Este nivel involucra conocimiento y práctica referentes a los datos y a los procedimientos de rutina. En el nivel resolución de problemas las actividades son de análisis correspondientes al conocimiento y práctica referentes a la resolución de problemas típicos de la asignatura. En el nivel epistémico las actividades de comprensión son explicaciones y justificaciones y por último en el nivel de investigación las actividades correspondientes son: plantear hipótesis nuevas, cuestionar supuestos, discutir los resultados y construir nuevos conocimientos en la materia.

## METODOLOGÍA

La investigación presentada es de tipo cualitativo, donde los datos se agrupan en categorías que no se ajustan totalmente con las provistas por el marco teórico. En nuestro estudio el análisis de comprensión de los estudiantes solo se llevó a cabo dentro de los niveles de contenidos y resolución de problemas.

Los registros utilizados son dos problemas básicos de física que no solicitaban la justificación, explicación y debate, enunciadas como actividades características de los niveles tres y cuatro propuestos por Perkins (1995).

El análisis que se llevó a cabo fue esencialmente exploratorio. Los registros consistieron en dos problemas realizados por 45 estudiantes universitarios de primer año que cursan la asignatura Física. Dichos problemas fueron resueltos en forma individual durante una clase, sin tener carácter de evaluación.

El estudio pretende investigar el nivel de comprensión de los estudiantes sobre el concepto de aceleración, sus componentes intrínsecas y sus propiedades, mediante representaciones gráficas y el enunciado de las expresiones de las ecuaciones dinámicas.

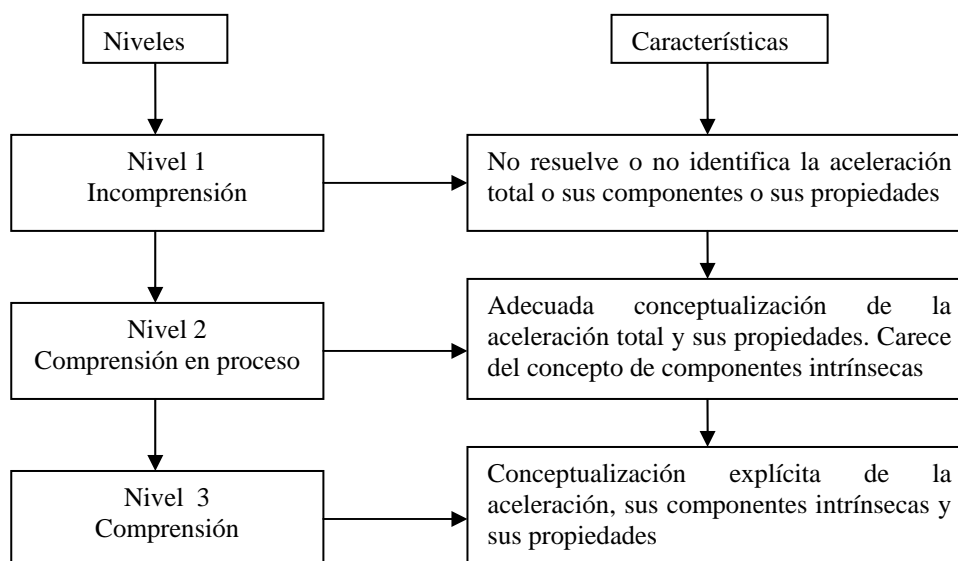
Los enunciados de los problemas utilizados se muestran en el anexo y corresponden al área de dinámica newtoniana.

### Análisis de registros

Se presentaron a los alumnos dos problemas y se llevaron a cabo dos estudios, uno sobre cada uno de ellos.

Para el análisis de los resultados se construyeron tres niveles de comprensión. Dichos niveles no son coincidentes con los propuestos por Perkins., pero estarían incluidos dentro de los dos niveles inferiores, donde los requerimientos corresponden a actividades reproductivas y a resolución de problemas propios de la asignatura. En una primera aproximación, nuestros niveles 1 y 2 corresponderían al nivel de contenidos y nuestro nivel 3 al nivel resolución de problemas enunciados por Perkins.

El siguiente cuadro muestra los niveles propuestos y los requisitos para que una respuesta fuera categorizada dentro de cada uno de los ellos.



## ESTUDIOS REALIZADOS - ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Primer estudio

En el primer problema (ver anexo) se pretende visualizar el nivel de comprensión estudiando los gráficos asociados a la aceleración. Se solicitó esquematizar la aceleración total con sus componentes normal y tangencial en tres puntos de la trayectoria curvilínea que describe un satélite que orbita alrededor de la Tierra.

En la Tabla 1, se consignan los resultados obtenidos.

| Nivel   | Requisitos   | Cantidad de estudiantes | %  |
|---------|--|-------------------------|----|
| Nivel-1 | Dibuja mal la aceleración total o no la dibuja en alguno de sus puntos                           | 12                      | 27 |
| Nivel 2 | Dibuja bien la aceleración total en los tres puntos pero mal las componentes normal y tangencial | 19                      | 42 |
| Nivel 3 | Dibuja bien la aceleración total en los tres puntos y bien las componentes normal y tangencial   | 14                      | 31 |

*Tabla 1. Resultados del primer estudio.*

Solo muy pocos estudiantes (12 estudiantes, lo que equivale al 27%) no lograron graficar correctamente la aceleración total. Un valor similar 31% se obtuvo para el nivel 3, donde los vectores dibujados eran correctos para los tres puntos con sus respectivas componentes intrínsecas. En el nivel 2 se encuentran la franja más amplia de estudiantes, los cuales grafican bien la aceleración total en los tres puntos pero es errónea la descomposición en sus componentes. Este resultado nos lleva a interpretar que los estudiantes tienen claro que la aceleración total debe tener la misma dirección y sentido que la fuerza, y la dibujan correctamente, pero tienen inconvenientes para reconocer sus componentes cuando alguna de

ellas es nula. Esto da lugar a que en el punto B donde la componente tangencial no es nula, los gráficos sean correctos en 33 alumnos, lo que representa un 75%, no ocurriendo lo mismo en los puntos A y C. Además, se ha encontrado que algunos estudiantes confunden cual es la dirección tangencial y cual la normal, con lo cual se deduce que no identifican cuando se habla de aceleración tangencial, a que debe ser tangente, esa componente de la aceleración.

Nos preguntamos, cómo del gráfico de la aceleración total correcto llegaron a una descomposición incorrecta. Una posible razón es, que los estudiantes tienen incorporados ciertos términos o conceptos en forma mecánica, por ejemplo ellos saben que la aceleración tiene dos componentes, una componente tangencial y otra normal, y las dibujan en todos los puntos de la trayectoria, sin analizar físicamente la situación.

Esto nos conduce a inferir que muchos estudiantes tienen adquiridos mecanismos de resolución así como ciertos conceptos, pero no realizan las vinculaciones adecuadas entre ellos de manera que el planteo y la solución adquieran coherencia.

### Segundo estudio

En esta oportunidad se presentó al mismo grupo de estudiantes el problema 2 (ver anexo), donde se les pedía realizar un diagrama de cuerpo libre y escribir las ecuaciones dinámicas correspondientes a una masa que se desplazaba sin rozamiento con velocidad constante por acción de una fuerza horizontal. Con el mismo, se pretende analizar nuevamente el concepto de aceleración pero ahora en su expresión simbólica, a través de las ecuaciones dinámicas.

En la Tabla 2, se muestran los resultados obtenidos.

| Nivel   | Requisitos  | Cantidad de estudiantes | %  |
|---------|---|-------------------------|----|
| Nivel 1 | No resuelve o no descompone la aceleración en sus dos componentes o las identifica incorrectamente              | 21                      | 47 |
| Nivel 2 | Descompone la aceleración total en tangencial y normal, pero no reconoce la aceleración tangencial igual a cero | 7                       | 15 |
| Nivel 3 | Descompone la aceleración total en tangencial y normal. Reconoce la aceleración tangencial igual a cero         | 17                      | 38 |

*Tabla 2. Resultados del segundo estudio.*

En este segundo estudio encontramos que el nivel 2 que tenía el porcentaje mayor de estudiantes para el primer problema, ha disminuido considerablemente, distribuyéndose especialmente en el nivel 1 y solo unos pocos pasaron al nivel 3. Esto nos indica que un gran número de estudiantes que graficaron correctamente la aceleración total pero no sus componentes, tampoco pudieron identificarlas y escribirlas en las ecuaciones dinámicas.

Así los resultados para esta ocasión fueron: para el nivel 1, 47% de los estudiantes, entre los cuales se encuentran los que no resuelven, los que no distinguen entre aceleración tangencial y normal, los que confunden la aceleración tangencial con aceleración normal identificando a la primera como  $v^2/r$ , y los que consideraron que la aceleración normal era nula. En tanto que para el nivel 2 se encontraron 7 estudiantes, conformando un 15% valor muy inferior al problema anterior, estos alumnos identificaron correctamente ambas aceleraciones pero no consideraron que como el módulo de la velocidad era constante, la aceleración tangencial debe ser nula. Por último en el nivel 3 encontramos 17 estudiantes, que conforman el 38%, quienes identificaron ambas componentes de la aceleración y consideraron la situación específica de la aceleración tangencial nula.

Este estudio condujo a cuestionarnos acerca de la explicación de estos errores que cometen los estudiantes, así como el origen de la incorrecta identificación de la aceleración tangencial y la aceleración normal. Se han encontrado muchos estudiantes que ubican las componentes

intrínseca de la aceleración en forma inversa, posiblemente se deba a que piensen que como la masa se mueve sobre la superficie, la aceleración neta debe estar en esa dirección, no tienen en cuenta que dicha aceleración es radial y que el movimiento se desarrolla con velocidad constante, lo cual nos da una aceleración nula en la dirección del movimiento.

Debemos agregar a esto que se encontraron 22 estudiantes en el mismo nivel para ambos problemas, distribuidos de la siguiente manera; 11 estudiantes en el nivel 3, de comprensión, 4 en el nivel 2, de comprensión en proceso y 7 en el nivel 1, de incomprensión. En tanto que 14 estudiantes obtuvieron un nivel inferior de comprensión en el segundo problema y 9 estudiantes obtuvieron un nivel inferior en el primer problema. Esto podría adjudicarse a las dificultades propias del formalismo algebraico conjuntamente con una conceptualización frágil de las componentes intrínsecas de la aceleración.

Con el fin de unificar el criterio de ubicación en alguno de los niveles propuestos, para el caso de aquellos estudiantes (un total de 23) que no obtuvieron el mismo nivel en ambos problemas y teniendo en cuenta que al no poder resolver correctamente alguna de las opciones, los conceptos y/o procedimientos no han sido incorporados adecuadamente, fueron ubicados en el nivel más bajo obtenido, esto otorga un nivel 2, comprensión en proceso para 4 estudiantes y un nivel 1 de incomprensión para los 19 restantes.

En la Tabla 3, se muestran los resultados finales para cada nivel con sus correspondientes porcentajes.

| Nivel                  | Cantidad de estudiantes | Porcentaje (%) |
|------------------------|-------------------------|----------------|
| Incomprensión          | 11                      | 58             |
| Comprensión en proceso | 8                       | 18             |
| Comprensión            | 26                      | 24             |

*Tabla 3. Resultados finales*

## REFLEXIÓN FINAL

Podríamos afirmar que aquellos estudiantes que en ambos problemas llegan a una elaboración correcta, tienen los conceptos incorporados en forma significativa, ya que han podido adaptar los conocimientos aprendidos a situaciones donde se variaban las condiciones en las que había llevado adelante el aprendizaje y pudieron sortear los inconvenientes que se les presentaron. Estos son 11 estudiantes del total de 45, conforman el 24%, se ubican en el nivel 3 de comprensión según nuestra categorización, equivalente al nivel resolución de problemas según Perkins.

Sin embargo, la mayoría de los estudiantes (58%) queda ubicado en el nivel 1, de incomprensión, ya que no logran resolver ninguna de las dos situaciones o solo una de ellas en forma parcial, lo cual nos lleva a pensar que muchas veces realizan una representación gráfica o escriben las ecuaciones simbólicas en forma mecánica sin prestar atención a los detalles dados en la consigna, por lo tanto solo pueden resolver ejercicios de reproducción correspondientes al nivel de contenidos enunciado por Perkins. Además esta situación es coincidente con los resultados encontrados en la investigación de Gangoso et al (2008).

Teniendo en cuenta que nuestros niveles 1 y 2, de incomprensión y de comprensión en proceso se corresponden con el nivel de contenidos de Perkins y en el mismo se ubican el 76% de los estudiantes, si bien no podemos aseverar que la afirmación realizada por Llancaqueo, et al (2007), sobre la ausencia de conocimientos en física, si podemos inferir en base a estos valores numéricos obtenidos, que los conocimientos en los estudiantes son muy precarios.

## BIBLIOGRAFÍA

Gangoso Z.; Truyol M.E.; Brincones I.; Gattoni A. (2008) Resolución de problemas, comprensión, modelización y desempeño: un caso con estudiantes de ingeniería *Lat.Am.J.Phys.Educ.* Vol.2, Nro.3, pp 233-240.

Llancaqueo Henriquez, A.; Caballero Sahelices, M.C.; Alonqueo Boudon, P. (2007) Conocimiento previo en física de estudiantes de ingeniería *Enseñanza de la ciencia*, 25 (2) pp 205-216.

Perkins D. (1995). *La escuela inteligente: del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. Barcelona. Gedisa.

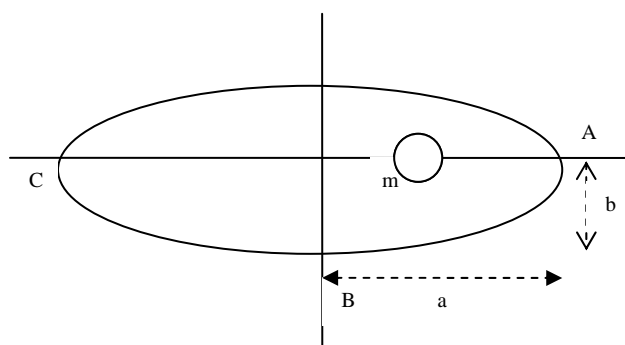
Pozo Municio I. (1999). Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje. Madrid Alianza Editorial, pp 261-313.

## ANEXO

**Problema 1**

Un satélite orbita la tierra. Sabiendo que la Tierra tiene masa  $M$  y el satélite  $m$ , indicar:

- El vector velocidad en los puntos A, B y C.
- Dibujar la aceleración total del satélite y sus componentes intrínsecas para los mismos puntos.

**Problema 2**

Una pequeña masa “ $m$ ” unida a una cuerda ideal, está sometida a una fuerza “ $F$ ” variable de modo que la partícula se mueve a una velocidad de módulo constante hasta la parte superior de un semicilindro sin roce. El cilindro tiene radio “ $R$ ”.

Realizar el diagrama de cuerpo libre de la masa  $m$  y escribir las ecuaciones dinámicas de la misma para el punto A.

